



## Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique

**CHROME**  
Chrome hexavalent  
Chrome trivalent

Le chrome (Cr) (CAS 7440-47-3) est un métal gris lustré dont le numéro atomique est 24 et la masse atomique est de 51,996. Le chrome peut exister dans neuf états d'oxydation différents : -II à +VI. Les états d'oxydation (II), (III) et (VI) du chrome sont les plus courants, le Cr (III) étant le plus stable. Les composés du Cr (II) sont fortement réducteurs, tandis que les composés du Cr (VI) sont fortement oxydants. Les composés du Cr (V) sont instables, alors que les composés des états d'oxydation (-II), (-I), (0), (I) et (IV) du chrome sont rares. Le Cr (VI) est la principale espèce de ce métal dans les eaux de surface et les sols aérobies, tandis que le Cr (III) domine dans les milieux légèrement réducteurs, comme les sédiments et les terres humides (Bailar et coll., 1973).

Le chrome trivalent est un acide qui forme des complexes à liaisons fortes avec divers ligands contenant de l'oxygène, de l'azote ou du soufre ainsi qu'avec bon nombre de composés organiques. Les principales espèces de chrome trivalent sont le  $\text{Cr}^{3+}$ , le  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ , le  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  et le  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . La solubilité du Cr (III) est limitée par la formation d'oxydes, d'hydroxydes et de phosphates hautement insolubles ainsi que par sa forte tendance à s'adsorber aux surfaces (Pawlisz et coll., 1997).

Le chrome hexavalent forme un certain nombre d'oxacides et d'anions stables dont l'hydrochromate ( $\text{HCrO}_4^-$ ), le dichromate ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) et le chromate ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ). La plupart des sels du Cr (VI) sont solubles et très mobiles, présentant un très long temps de séjour dans les eaux superficielles et souterraines. Le grand pouvoir oxydant du Cr (VI), sa forte solubilité et la facilité avec laquelle il traverse les membranes biologiques rendent cette espèce généralement plus toxique que le Cr (III). À l'intérieur des cellules des organismes, le chrome hexavalent peut être réduit à l'état trivalent par le  $\text{S}^{2-}$ , le Fe (II), l'acide fulvique, certains composés organiques à faible poids moléculaire ainsi que certaines protéines. La photoréduction indirecte médiée par le Fe (II) pourrait également constituer un processus important (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

En 1991, environ 74 000 tonnes de composés chromés ont été importées au Canada. Les ferro-alliages représentaient 55 % de cette quantité, les minerais et les concentrés de chromite, 28 % et les autres composés, 9 %

(Statistique Canada, 1991). Les composés les plus souvent utilisés dans l'industrie canadienne sont l'oxyde de chrome, le chlorure de chrome et le sulfate de chrome. Ces composés sont surtout employés dans le placage et le finissage des métaux, dans la fabrication des pigments et des peintures, dans le tannage du cuir, dans les procédés de préservation du bois, comme inhibiteurs de corrosion ainsi que comme catalyseurs. De petites quantités de chrome entrent par ailleurs dans la composition de cosmétiques, de toners pour photocopieurs, de rubans magnétiques, de fertilisants, de produits en caoutchouc, de plastiques, de savons et de produits de nettoyage. Le chrome est utilisé dans le secteur du placage des métaux à des fins anticorrosives et décoratives. L'acide chromique est employé dans le finissage des métaux pour recouvrir les métaux mous et galvanisés d'une couche protectrice qui favorise également l'adhésion de la peinture. Le dichromate de sodium est utilisé dans le décapage du cuivre et du laiton. Dans bon nombre d'encres d'impression, de peintures, de plastiques et de revêtements muraux, le chromate de plomb et le chromate de zinc constituent le pigment principal. Les solutions chromiques et de dichromate de sodium sont essentielles dans le tannage du cuir et dans les procédés de préservation du bois. Dans les tours de refroidissement, les inhibiteurs de corrosion à base de chrome servent à protéger les matériaux échangeurs de chaleur contre la rouille (Gouvernement du Canada, 1993).

Les sources atmosphériques naturelles de chrome comprennent les émanations volcaniques, les incendies de forêt, les débris végétaux et les aérosols marins. Au Canada, on trouve de vastes dépôts de minerais chromifères

**Tableau 1. Recommandations pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique établies pour le chrome (Environnement Canada, 1997).**

Vie aquatique	Recommandation ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	
Dulcicole	Cr(VI)	1,0
	Cr(III)	8,9*
Marine	Cr(VI)	1,5
	Cr(III)	56*

\* Recommandation provisoire.

au Québec, en Ontario, en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve. Ces gisements ne renferment toutefois que des minerais de basse et de moyenne teneur, et le Canada n'est pas un pays producteur de chromite. Les principales sources atmosphériques anthropiques comprennent les tours de refroidissement, les opérations de chromage, la combustion des combustibles fossiles, l'incinération des déchets urbains et des boues d'épuration, le raffinage des minerais de chromite, la fabrication de produits réfractaires, la fabrication de produits chimiques au ferrocrome et au chrome, la fusion de métaux non ferreux, la fabrication d'aciers spéciaux et la production de ciment. Parmi les sources mineures, on compte les poussières routières contaminées au chrome par suite de l'usure des pneus et des garnitures de frein. Les toners pour photocopieurs peuvent constituer une importante source de chrome à l'intérieur des bâtiments (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

Les principales sources du chrome libéré dans le milieu aquatique sont les tanneries, les tours de refroidissement, les fonderies d'acier et de métaux non ferreux, les opérations de finissage et de placage des métaux, les usines de verre plat et d'amiante, les installations de traitement du bois, les usines de peintures et de produits chimiques ainsi que les installations de forage et de récupération du pétrole. D'importantes quantités de chrome pourraient en outre être rejetées par les usines de pâtes et papiers, les usines de ciment et d'engrais, les usines de textile, les centrales électriques, les usines de chlore et de soude caustique de même que les installations pétrochimiques. L'utilisation du chrome est courante dans bon nombre de petites installations industrielles, aussi les eaux d'égouts urbains peuvent-elles présenter de fortes concentrations de ce métal. L'industrie peut être responsable d'environ 75 % du chrome présent dans les eaux usées (les concentrations de chrome varient entre 10 et 560 mg·L<sup>-1</sup>, la moyenne se situant à 170 mg·L<sup>-1</sup> dans les eaux d'égout brutes, et sont souvent <30 mg·L<sup>-1</sup> dans les eaux usées traitées). Les rejets dans les effluents traités ont été évalués à non moins de 110 tonnes par année. Les écoulements urbains et les eaux d'orage industrielles contiennent par ailleurs de 5 à 500 mg·L<sup>-1</sup> de chrome et peuvent constituer d'importantes sources de contamination du milieu aquatique. Le chrome présent dans les eaux de ruissellement provient de la corrosion des surfaces peintes, de l'acier inoxydable, du bois d'œuvre traité, des éléments décoratifs, du goudron et de l'asphalte ainsi que de l'usure des pneus et des freins d'automobile (Gouvernement du Canada, 1993; Pawlisz et coll., 1997).

La contamination des eaux souterraines représente un problème majeur aux endroits où des déchets chromés sont enfouis (à certains sites de l'Ontario, les concentrations varient entre 9 et 120 mg·L<sup>-1</sup>) ou rejetés dans des lagunes. Elle est la plus marquée dans les aquifères peu profonds de sable et de gravier, le chrome hexavalent étant très mobile en raison de sa grande hydrosolubilité et de sa faible vitesse d'adsorption à la surface des particules du sol (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

Les méthodes normalisées d'analyse du chrome n'excluant pas la possibilité d'une contamination, bon nombre d'estimations des concentrations de ce métal dans l'environnement doivent toujours être validées au moyen de techniques ultra-propres. Les analyses effectuées à l'aide d'une technique ultra-propre indiquent que les concentrations de chrome dans les lacs et les cours d'eau vierges du Canada sont <0,001 à 0,005 mg·L<sup>-1</sup> (Shiller et Boyle, 1991). Par ailleurs, les eaux souterraines du pays contiennent ordinairement environ 0,002 mg·L<sup>-1</sup> de chrome (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

Lorsque les échantillons d'eau superficielle ne sont pas filtrés, la mesure du chrome total comprend également le chrome particulaire. Cette erreur peut avoir une incidence sur la validité des mesures au printemps, en période de forte érosion et de turbidité élevée. Dans ces conditions, on peut mesurer des concentrations de chrome qui dépassent les recommandations mais n'ont aucun effet néfaste sur le biote (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

Bien que le chrome puisse se concentrer jusqu'à un certain point dans les plantes aquatiques, il ne semble pas s'accumuler dans les poissons ou les invertébrés, et les charges corporelles restent faibles même dans les eaux contaminées (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

### **Élaboration des recommandations pour la qualité des eaux**

Les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique établies pour le chrome ont été élaborées selon le protocole du CCME (CCME, 1991). Pour de plus amples renseignements,

consulter le document qui accompagne les présentes recommandations (Environnement Canada, 1997).

Les concentrations de chrome indiquées dans le présent document correspondent au chrome total (dissous et particulaire). Lorsque des espèces de chrome sont précisées [Cr (III) ou Cr (VI)], le chrome total représente la concentration totale (formes dissoute et particulaire) de chaque état d'oxydation. Dans les échantillons non filtrés, le Cr (VI) dissous représente 10 à 60 % du chrome total, tandis que dans les échantillons filtrés, cette proportion varie entre 70 et 90 %.

## Vie dulcicole

### Chrome hexavalent

Les valeurs estimées de toxicité chronique du chrome hexavalent varient entre 0,01 mg·L<sup>-1</sup> pour *Salmo salar* (hausse du temps d'éclosion de 360 heures) et 74,9 mg·L<sup>-1</sup> pour *Anaba scandens* (CL<sub>50</sub>-30 j). Les valeurs estimées de toxicité aiguë varient entre 0,1 mg·L<sup>-1</sup> pour *Oncorhynchus mykiss* (CL<sub>50</sub>-72 h) et 930 mg·L<sup>-1</sup> pour *Lepomis macrochirus* (CL<sub>50</sub>-24 h). Chez plus de 30 espèces de poissons étudiées, les salmonidés semblent constituer le groupe le plus sensible (figure 1). Les invertébrés sont les organismes les plus sensibles au

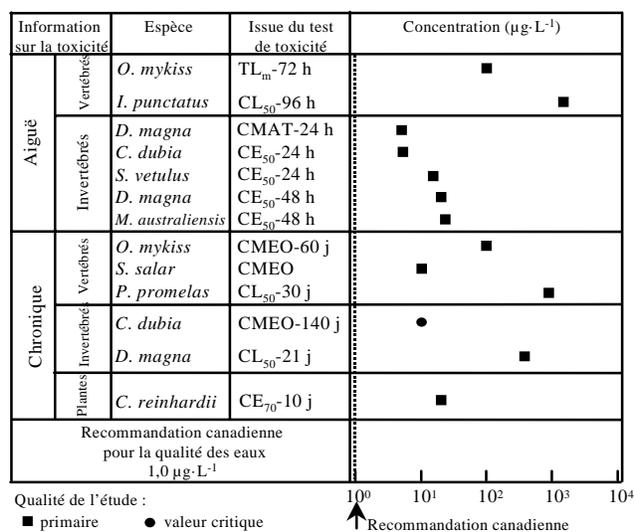


Figure 1. Données choisies sur la toxicité du chrome hexavalent pour les organismes d'eau douce.

chrome hexavalent. Chez plus de 40 espèces d'invertébrés étudiées, les valeurs de toxicité chronique varient entre 0,01 mg·L<sup>-1</sup> pour *Ceriodaphnia dubia* (CMEO-14 j) et 1000 mg·L<sup>-1</sup> pour *Chironomus tentans* (diminution de la durée du stade larvaire), tandis que les valeurs de toxicité aiguë varient entre 0,015 pour les daphnies *Simocephalus vetulus* et *Daphnia magna* (CE<sub>50</sub>-24 h) et 500 mg·L<sup>-1</sup> pour l'écrevisse *Procambarus clarkii* (CL<sub>40</sub>-96 h). La croissance de plantes aquatiques comme *Selenastrum capricornutum* peut être inhibée par des concentrations de chrome d'à peine 0,6 mg·L<sup>-1</sup> (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

La recommandation pour la qualité des eaux visant la protection de la vie dulcicole établie pour le chrome hexavalent [Cr (VI)] est de 1,0 µg·L<sup>-1</sup> (soit 0,001 mg·L<sup>-1</sup>). On a déduit cette valeur en multipliant par un facteur de sécurité de 0,1 la CMEO-14 j de 0,01 mg·L<sup>-1</sup> obtenue pour *C. dubia* (Hickey, 1989) (CCME, 1991).

### Chrome trivalent

Chez les poissons d'eau douce, les valeurs estimées de toxicité chronique du chrome trivalent varient entre 0,006 mg·L<sup>-1</sup> pour *O. mykiss* (inhibition de la croissance) et 110 mg·L<sup>-1</sup> pour *Anabas scandens* (CL<sub>50</sub>-30 j). Les valeurs de toxicité aiguë obtenues chez plus de 10 espèces

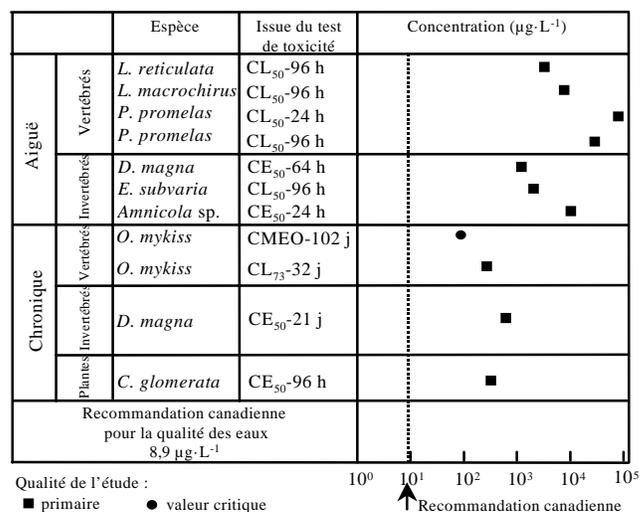


Figure 2. Données choisies sur la toxicité du chrome trivalent pour les organismes d'eau douce.

de poissons varient entre 3,3 mg·L<sup>-1</sup> pour *Lebistes reticulatus* (CL<sub>50</sub>-96 h) et 77,5 mg·L<sup>-1</sup> pour *Pimephales promelas* (CL<sub>50</sub>-24 h). Chez les invertébrés, les valeurs de toxicité chronique du chrome trivalent varient entre 0,6 mg·L<sup>-1</sup> pour *D. magna* (taux de déficience reproductive de 50 %) et 32 mg·L<sup>-1</sup> pour la perle *Acroneiria lycorias* (CL<sub>50</sub>-168 h). Chez plus de 12 espèces d'invertébrés étudiées, les valeurs de toxicité aiguë varient entre 1,2 mg·L<sup>-1</sup> pour *Daphnia magna* (CE<sub>50</sub>-64 h) et 937 mg·L<sup>-1</sup> pour *Asellus aquaticus* (CL<sub>50</sub>-48 h). Chez les plantes aquatiques, les valeurs de toxicité varient entre 0,32 mg·L<sup>-1</sup> pour *Cladophora glomerata* (CE<sub>50</sub>-96 h) et 580 mg·L<sup>-1</sup> pour *Chlorella pyrenoidosa* (inhibition de la croissance) (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997). La recommandation provisoire pour la qualité des eaux visant la protection de la vie dulcicole établie pour le chrome trivalent [Cr (III)] est de 8,9 µg·L<sup>-1</sup>. On a déduit cette valeur en multipliant par un facteur de sécurité de 0,1 la CMEO-102 j (mortalité) de 0,089 mg·L<sup>-1</sup> obtenue pour *O. mykiss* (Stevens et Chapman, 1984) (CCME, 1991).

**Vie marine**

**Chrome hexavalent**

Les valeurs estimées de toxicité chronique du chrome hexavalent varient entre 0,5 mg·L<sup>-1</sup> pour *Pleuronectes platessa* (lésions organiques) et 44,0 mg·L<sup>-1</sup> pour *Fundulus heteroclitus* (CL<sub>50</sub>-7 j). Les valeurs

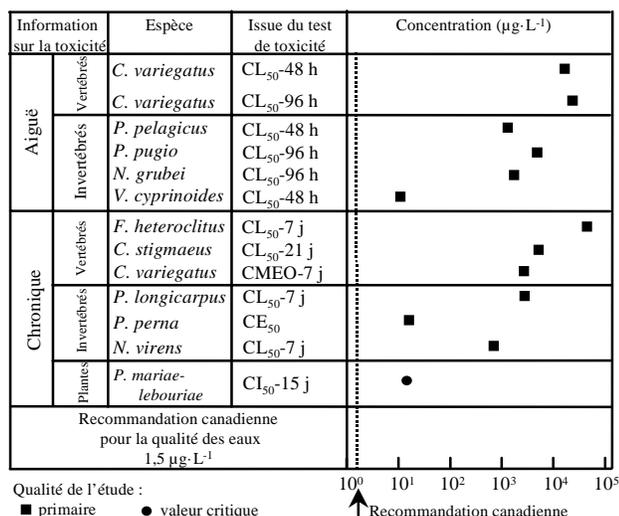
estimées de toxicité aiguë varient entre 16,3 mg·L<sup>-1</sup> pour *Cyprinodon variegatus* (CL<sub>50</sub>-48 h) et 200 mg·L<sup>-1</sup> pour *Fundulus heteroclitus* (CL<sub>50</sub>-24 h) (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

Chez plus de 40 espèces d'invertébrés étudiées, les valeurs de toxicité chronique du chrome hexavalent varient entre 0,01 mg·L<sup>-1</sup> pour le crabe *Cancer anthonyi* (CL<sub>33</sub>) et 195,1 mg·L<sup>-1</sup> pour le crustacé *Callinectes similis* (inhibition de la respiration), et les valeurs estimées de toxicité aiguë varient entre 0,75 µg·L<sup>-1</sup> pour le mollusque *Villorita cyprinoides* (coefficient d'épuration, CE<sub>50</sub>-48 h) et 54 mg·L<sup>-1</sup> pour l'étoile de mer *Asterias forbesi* (CL<sub>50</sub>-24 h). Chez plusieurs plantes marines (*Prorocentrum mariae* L., *Thalassiosira aestevalis*, *T. pseudonana*, *Pheodactylum tricorutum*), une inhibition de la croissance était observée à des concentrations en chrome hexavalent variant de 0,01 à 0,015 mg·L<sup>-1</sup>, et le seuil d'effet le plus élevé enregistré était de 620 mg·L<sup>-1</sup> (CE<sub>50</sub> photosynthèse, *Dunaliella bioculata*) (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997).

Plusieurs études de toxicité dont les indicateurs étaient très faibles ont été jugées inappropriées aux fins de l'élaboration des recommandations. La recommandation pour la qualité des eaux visant la protection de la vie marine établie pour le chrome hexavalent [Cr (VI)] est de 1,5 µg·L<sup>-1</sup>. On a calculé cette valeur en multipliant par un facteur de sécurité de 0,1 la CI<sub>50</sub>-15 j (inhibition de la croissance) de 0,015 mg·L<sup>-1</sup> (Reidel, 1989) obtenue pour *Prorocentrum mariae* L. (CCME, 1991).

**Chrome trivalent**

Une CL<sub>50</sub>-96 h de 53 mg·L<sup>-1</sup> pour l'*Aldrichetta forsteri* juvénile est la seule donnée de toxicité disponible à l'égard des poissons marins. Chez les invertébrés marins, les données de toxicité chronique varient entre 0,15 mg·L<sup>-1</sup> pour les mollusques *Mytilus edulis* et *Mya arenaria* (diminution du coefficient d'épuration) et 80 mg·L<sup>-1</sup> pour l'artémie *Artemia salina* (CE<sub>45</sub>, réduction de l'éclosion), et les valeurs estimées de toxicité aiguë varient entre 0,002 mg·L<sup>-1</sup> pour *Perna perna* (CE<sub>50</sub>, diminution du coefficient d'épuration) et 19,3 mg·L<sup>-1</sup> pour le copépode *Acartia clausi* (CL<sub>50</sub>-48 h) (Environnement Canada, 1997; Pawlisz et coll., 1997). La recommandation provisoire pour la qualité des eaux visant la protection de la vie marine établie pour le chrome trivalent [Cr (III)] est de 56 µg·L<sup>-1</sup> (soit 0,056 mg·L<sup>-1</sup>). On a calculé cette valeur en



**Figure 3. Données choisies sur la toxicité du chrome hexavalent pour les organismes marins.**

multipliant par un facteur de sécurité de 0,1 la CMEO-8 j (survie et reproduction) de  $0,56 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  obtenue pour l'invertébré *Tisbe battagliai* (Hutchinson et coll., 1994) (CCME, 1991).

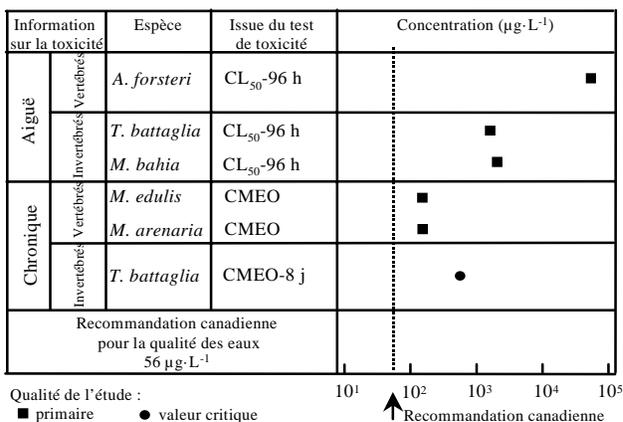


Figure 4. Données choisies sur la toxicité du chrome trivalent pour les organismes marins.

## Références

Bailar, J.C., H.J. Emeleus, R. Nyholm et A.F. Trotman-Dickenson. 1973. Comprehensive inorganic chemistry. Pergamon Press, New York.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1991. Annexe IX — Méthode d'élaboration des recommandations pour la qualité de l'eau en vue de la protection de la vie aquatique (avril 1991), dans *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Préparée par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux. [Mise à jour et reprise avec de légères

modifications de fond et d'autres au niveau de la forme dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 4, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg.]

Environnement Canada. 1997. Canadian water quality guidelines for chromium. Supporting document. Environnement Canada, Direction de la qualité de l'environnement et de la politique scientifique, Ottawa. Ébauche inédite.

Gouvernement du Canada. 1993. Chromium and its compounds. Canadian Environmental Protection Act Priority Substances List Assessment Report. Supporting documentation. Environnement Canada et Santé Canada, Ottawa.

Hickey, C. 1989. Sensitivity of four New Zealand cladoceran species and *Daphnia magna* to aquatic toxicants. N.Z. J. Mar. Freshwater Res. 23:131-137.

Hutchinson, T., T. Williams et G. Eales. 1994. Toxicity of cadmium, hexavalent chromium and copper to marine fish larvae, *Cyprinodon variegatus* and copepods, *Tisbe battagliai*. Mar. Environ. Res. 38:275-290.

MacDonald, J.M., J.D. Shields et R.K. Zimmer-Faust. 1988. Acute toxicities of eleven metals to early life-history stages of the yellow crab, *Cancer anthonyi*. Mar. Biol. 98:201-208.

Pawlisz, A.V., R.A. Kent, U.A. Schneider et C. Jefferson. 1997. Canadian water quality guidelines for chromium. Environ. Toxicol. Water Qual. 12:185-193.

Reidel, G. 1989. Interspecific and geographical variation of the chromium sensitivity of algae. Dans : Aquatic toxicology and environmental fate. 11e Volume, ASTM STP 1007. G. W. Sutter II et M. Lewis, éd. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Shiller, A. et E.A. Boyle. 1991. Trace elements in the Mississippi River Delta overflow region: Behaviour at high discharge. Geochim. Cosmochim. Acta 55:3241-3251.

Statistique Canada. 1991. Importations par marchandises - décembre 1991. Ministère de l'Industrie, Sciences et Technologie, Ottawa.

Stevens, D.G. et G.A. Chapman. 1984. Toxicity of trivalent chromium to early life stages of steelhead trout. Environ. Toxicol. Chem. 3:125-133.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1999. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique : chrome — chrome hexavalent et chrome trivalent, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez contacter :

Environnement Canada  
Division des recommandations et des normes  
351, boul. St-Joseph  
Hull (Québec) K1A 0H3  
Téléphone : (819) 953-1550  
Télécopieur : (819) 953-0461  
Courrier électronique : ceqg-rcqe@ec.gc.ca  
Adresse Internet : <http://www.ec.gc.ca>

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce document, veuillez contacter :

Documents du CCME  
a/s de Publications officielles du Manitoba  
200, rue Vaughan  
Winnipeg (Manitoba) R3C 1T5  
Téléphone : (204) 945-4664  
Télécopieur : (204) 945-7172  
Courrier électronique : spcme@chc.gov.mb.ca